

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет Інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра Автоматики та управління в технічних системах

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Ролік О. І.
(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
на тему: Система автоматичного керування процесом вирощування рослин
методом гідропоніки

Виконав: студент 4-го курсу, групи ІА-61

(шифр групи)

Феоклістов Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник Доц. каф. АУТС, к.т.н., доц. Кравець П.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет Інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра Автоматики та управління в технічних системах
(повна назва)

Ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ролік О. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Феоклістову Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система автоматичного керування процесом вирощування
рослин методом гідропоніки

керівник проекту Кравець Петро Іванович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «7» травня 2020 р. № 1081-с

2. Термін подання студентом проекту _____ 9.06.2020

3. Вихідні дані до проекту Здійснення автоматичного керування частинами
гідропонічних систем. Збір даних про середовище вирощування рослин.

Виведення інформації про стан системи в зручній для людини формі.

4. Зміст пояснювальної записки: опис системи, функціональна схема автоматизації об'єкта, вибір елементів автоматизації, дослідження математичної моделі об'єкта, структурна функціональна та принципова схема системи та алгоритм роботи.

5. Перелік графічного матеріалу: структурна схема системи, функціональна схема системи, принципова схема системи, алгоритм роботи системи.

6. Дата видачі завдання: 7.03.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	Вивчення рекомендованих матеріалів з теми	8.03.2020	
	Постановка задачі	10.03.2020	
	Огляд існуючих рішень та технологій	25.03.2020	
	Вибір технологій та їх обґрунтування	7.04.2020	
	Розробка системи	20.05.2020	
	Виконання графічних документів	25.05.2020	
	Оформлення пояснювальної записки	8.06.2020	

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

Феоклістов Д.О.
(ініціали, прізвище)
Кравець П.І.
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Феоклістов Д.О. Система автоматичного керування процесом вирощування рослин методом гідропоніки. НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Проект містить 61 с. тексту, 23 рисунки, 4 креслеників, посилання на 18 літературних джерел.

Ключові слова: автоматизація, фермерство, сільськогосподарські культури, гідропонічна система.

Об'єктом розробки є автоматична система керування процесом вирощування рослин в гідропонічних системах.

Метою розробки є автоматизація частини гідропонічної системи, що працює по технології крапельного поливу, для зменшення технологічних виробничих затрат та витрат підприємства на автоматизацію виробництва за рахунок створення системи керування високої точності та використання сучасних дешевих надійних комплектуючих.

SUMMARY

Feoklistov D.O. System of automatic control of the process of growing plants by hydroponics. NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2020.

The project contains 61 pages of text, 23 figures, 4 design documents, references to 18 literature sources.

Keywords: automation, farming, crops, hydroponic system.

The object of development is an automatic control system for the process of growing plants in hydroponic systems.

The purpose of the development is to automate part of the hydroponic system, working on drip irrigation technology, to reduce technological production costs and costs of production automation by creating a high-precision control system and the use of modern cheap reliable components.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: Система автоматичного керування процесом вирощування рослин
методом гідропоніки

ЗМІСТ	Сторінка
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ.....	8
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОПИС ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ.....	9
2.1 Загальні відомості	9
2.2 Автоматизація систем гідропоніки	19
2.3 Вибір об'єкта управління	23
Висновки розділу	25
3 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОУ	27
3.1 Вибір та обґрунтування окремих вузлів та елементів.....	31
3.1.1 Водонепроникний датчик температури.....	31
3.1.2 Датчик температури та вологості навколишнього середовища	32
3.1.3 Датчик рН.....	34
3.1.4 Датчик провідності	36
3.1.5 Пристрій введення/виведення	38
3.1.6 Вибір пристрою комутації.....	39
3.1.7 Мікроконтролер	40
Висновки розділу	49
5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОУ	50
5.1 Розробка та опис структурної схеми	50

					ІА61.270БАК.005.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата								
Розроб.		Феоклістов Д.О			Система автоматичного керування процесом вирощування рослин методом гідропоніки Пояснювальна записка			Літера	Аркуш	Аркушів		
Перевір.		Кравець П.І.						Т		2	61	
								КПІ ФІОТ Група ІА-61				
Т.контр.												
Затвер.												

5.2 Розробка та опис функціональної схеми.....	50
5.3 Розробка та опис принципової схеми.....	52
5.4 Розробка та опис алгоритму керування	54
Висновки розділу	58
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об’єкт управління

МК – мікроконтролер

ГС – гідропонічна система

ПР – поживний розчин

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						4
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

У наш час для вирощування сільськогосподарських культур в переважній більшості використовується метод вирощування в землі. Такий метод є природним для рослин, але має свої недоліки [1, 2].

По-перше, вирощування рослин традиційним способом потребує великої кількості води. Це може показатися не такою великою проблемою якщо згадати що 70% нашої планети покрито водою. Але річ йде про прісну воду запаси якої складають 3% від загальної кількості води на планеті. Більше того лише 1% усіх запасів прісної води люди можуть добувати без великих проблем, адже решта її запасів перебувають в льодовиках (близько 75%) та глибоко під землею (близько 24 %). За останні десятиліття спостерігається тенденція постійного збільшення споживання прісної води. За думкою експертів така тенденція буде зберігатися. При умові що не буде прийнято якихось дій для запобігання зменшення запасів прісної води вже до кінця цього десятиліття половина населення землі буде страждати від нестачі води. Як це стосується сільського господарства? Діло в тім що понад 85% використання прісної води приходить на сільське господарство. З сьогоднішніми об'ємами виробництва на вирощування їжі для одної людини в середньому витрачається 3000-5000 літрів води кожного дня.

По-друге, присутнє значне забруднення добривами та всілякими препаратами проти шкідників навколишнього середовища. Звичайним методом удобрення посівів зараз є розпилення або полив сільськогосподарських угідь концентратами добрив. Даний метод не є ефективним тому, що лише частина поживних речовин всмоктується рослиною. Решта ж спускається нижче в ґрунт та потрапляє в ґрунтові води забруднюючи їх. До забруднення добривами також додається забруднення пестицидами та гербіцидами.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						5
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

По-третє, збільшення кількості сільськогосподарських угідь призводить до збільшення шкідливих викидів. По даним міжурядової комісії зі зміни клімату (ІРСС) сільське господарство займає друге місце за кількістю парникових викидів, а саме 24% від загальної кількості. Та їх кількість росте. По даним тієї ж організації до 2030 року кількість парникових викидів від сільського господарства зросте ще на 15%. Збільшення шкідливих викидів в атмосферу веде до збільшення парникового ефекту. Це у свою чергу призводить до збільшення ймовірності посухи та повеней в місцях планети де їх не має бути. Для класичного землеробства це означає зменшення урожайності через несприятливі погодні умови. Як бачимо процес змикається в коло, коли збільшення сільськогосподарських угідь веде до змін клімату які у свою чергу призводять до зменшення ефективності вирощування культур класичним методом що веде до ще більшого збільшення сільськогосподарських угідь. Адже не зважаючи на неефективність виробництва попит на продукти тільки зростає.

Знаючи дані недоліки фермери та великі підприємства починають звертати увагу на нові методи вирощування урожаю. До одного з таких методів належить гідропоніка.

Гідропоніка – це метод вирощування рослин без використання ґрунту в водному середовищі з поживними речовинами. До основних плюсів гідропоніки можна віднести:

- економія до 90% води в порівнянні з методом вирощування в ґрунті;
- мінімальне забруднення зовнішнього середовища добривами;
- збільшення ефективності вирощування;
- відсутність потреби в гербіцидах;
- незалежність від погодних умов;
- зменшення площі посівів шляхом використання багатоярусної конструкції теплиць.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

В сучасному світі такий спосіб вирощування рослин набуває все більшої популярності. Навіть зараз, частина овочів що ми купуємо взимку вирощується в теплицях саме таким методом. Але через відносно невелику розповсюдженість методу, переважна більшість систем гідропоніки (особливо в малих господарствах) мають багато недоліків. Більшість систем не мають автоматичного керування, збору та контролю даних про середовище в якому росте рослина.

Метою роботи є розробка системи автоматичного керування процесом вирощування рослин методом гідропоніки, яка буде задовольняти такі вимоги:

- підвищення ефективності процесу вирощування рослин;
- збір даних про основні параметри середовища вирощування;
- автоматичне керування процесом вирощування;
- дешевизна та надійність комплектуючих системи.

Ця тема є актуальною тому, що вона присвячена автоматизації процесу вирощування рослин методом гідропоніки за допомогою мікропроцесорної системи для якої було обрано відповідний мікроконтролер та засоби автоматизації.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						7
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

В даній дипломній роботі було розроблено систему автоматичного керування процесом вирощування рослин методом гідропоніки.

Основу даної системи складає контролер. Задля забезпечення автономності системи контролер виконує наступні задачі: своєчасний полив рослин (ввімкнення та вимкнення насосу), контроль освітлення (ввімкнення та вимкнення фіто-ламп), Збір даних про середовище вирощування (температуру розчину, температуру повітря, вологість повітря, рівень корисних речовин в розчині, рівень рН в розчині), та повідомлення оператора гідропонічної системи в разі їх відхилення від норми.

Областю застосування пристрою є малий бізнес та фермерське господарство, пов'язане з вирощуванням сільськогосподарських культур, зелені та інших рослин.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						8
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОПИС ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

2.1 Загальні відомості

Варто ще раз нагадати що гідропоніка – це метод вирощування рослин без використання ґрунту. Замість нього рослина висаджується в нейтральний субстрат (гравій, керамзит, тирса тощо) [3, 4]. Субстрат потрібен для затримки вологи та корисних речовин які буде споживати рослина. Всі корисні речовини рослина отримує з поживного розчину. Поживний розчин це суміш води та всіх необхідних для росту та розвитку рослини мікроелементів.

Гідропонічні системи можна поділити на дві групи: активні та пасивні. В пасивних системах поживний розчин дістається кореня рослин з допомогою капілярних сил. В активних системах для циркуляції використовується насос. Більшість з них додатково потребують системи аерації (насичення розчину киснем). До основних типів гідропонічних систем можна віднести такі:

- капілярні;
- DWC (Deep Water Culture);
- системи періодичного затоплення;
- системи поживного шару;
- системи крапельного поливу;
- системи аеропоніки.

Капілярні системи гідропоніки це пасивні системи в яких поживний розчин дістається до кореня рослин за допомогою капілярного ефекту. Для такого методу рослини висаджуються в горщик наповнений нейтральним субстратом (гравієм, керамзитом, тирсою тощо). Під горщик встановлюється резервуар з поживним розчином який за допомогою трубок з'єднується з

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

горщиком. За допомогою капілярного ефекту розчин з резервуару поступово просочується в горщик. Даний метод є самим простим в реалізації, але як і всі інша має свої переваги та недоліки. Схематичне зображення ГС капілярного типу зображено на рисунку 2.1.

Переваги ГС капілярного типу:

- простота. Не потребує будь-якого обладнання тільки субстрат та горщик;
- мінімальні фінансові затрати;
- надійність. В даних системах просто нічому ламатися.

Недоліки ГС капілярного типу:

- обмежений доступ кисню в резервуар може призвести до деяких проблем з вирощуванням;
- повільний розвиток рослин.

Підсумовуючи можна сказати що даний тип систем більше підходить для вирощування декоративних рослин які не потребують до себе великої уваги. Часто такими системами можна зустріти у квіткових магазинах.

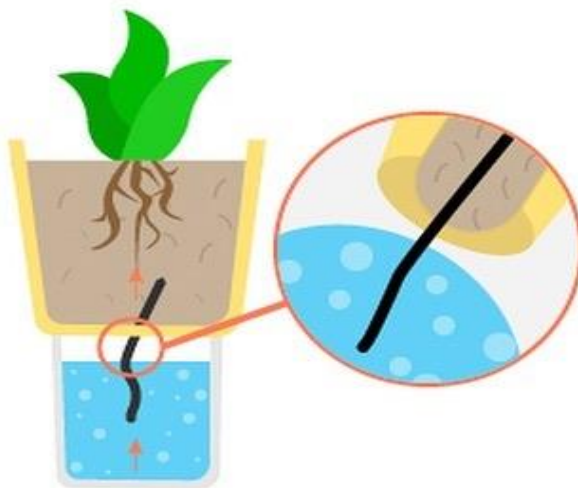


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення гідропонічних систем капілярного типу [4]

Системи DWS або Deep Water Culture використовують в собі метод аерації (насичення розчину киснем). Рослина висаджується в горщик таким чином щоб її корені були занурені в резервуар з розчином, а повітряний насос збагачує цей розчин киснем. Корені рослин в такій системі мають набагато більше місця для росту ніж в ґрунті, що забезпечує швидший ріст рослин. Системи такого типу можуть також використовувати плавучі платформи з рослинами. Резервуар в такому разі буде нагадувати великий басейн в якому плавають невеликі «плоти» з рослинами. Цей метод дозволяє поставити вирощування рослин на конвеєр. Коли з одного боку басейну знаходяться вже вирослі рослини їх збирають та посувають решту плотів. З іншої сторони в цей момент починають додавати плоти з новими рослинами які тільки починають рости. Схематичне зображення DWS систем зображено на рисунку 2.2.

Переваги DWC систем:

- дешевизна;
- простота конструкції;
- рослини досить швидко ростуть та розвиваються;
- надійність. У випадку поломки великий резервуар з розчином забезпечить збереження рослини ще дуже довгий час.

Недоліки DWC систем:

- вимагає ретельної чистки резервуару від кореневого гнилля;
- постійно високий рівень поживних рослин може призвести до загнивання коренів;
- резервуар потребує частого поповнення поживним розчином.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						11
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

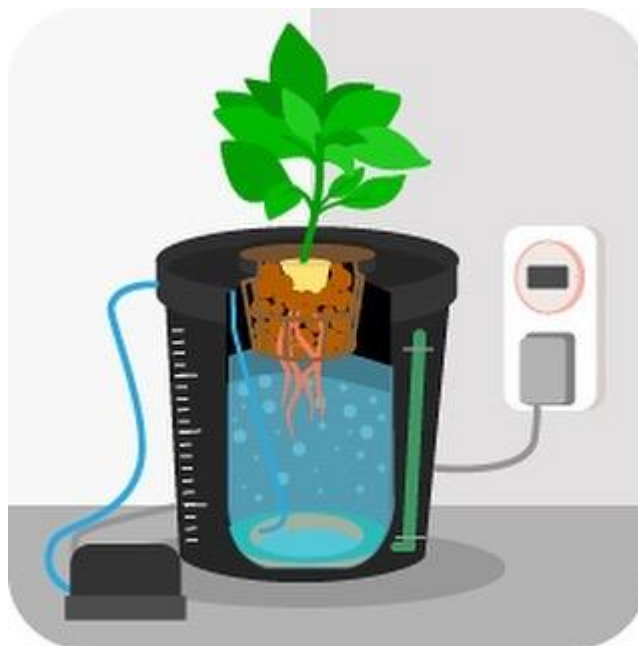


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення гідропонічних систем типу DWS [4]

В системах періодичного затоплення горщики з рослинами періодично заливають поживним розчином який потім стікає назад в резервуар. При стіканні розчин також провітрює кореневу систему рослини приносячи в субстрат свіже повітря. Наявність в даній системі обладнання для перекачування розчину робить її активною. По суті вона є повністю автоматичною. Але вона є дуже уразливою до непередбачуваного відімкнення електроенергії. Також при поганій затримці вологи субстратом рослина буде відчувати недостачу у воді. Схематичне зображення ГС періодичного затоплення зображено на рисунку 2.3.

Переваги ГС періодичного затоплення:

- відносна простота та можливість недорого отримати дешеву автоматизовану систему гідропоніки;
- коренева система гарно насичується поживними речовинами що веде за собою швидкий розвиток рослин.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

IA61.270БАК.005.ПЗ

Аркуш

12

Недоліки ГС періодичного затоплення:

- при постійній циркуляції поживного розчину є ризик зараження шкідливими мікроорганізмами;
- чутлива до відімкнення електроенергії;
- є вірогідність додаткових поломок.

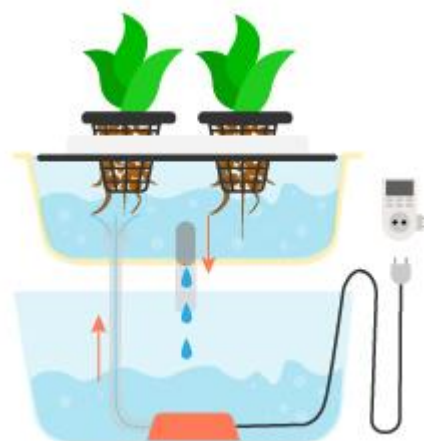


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення гідропонічних систем періодичного затоплення [4]

В системі що використовує метод поживного шару поживний розчин циркулює безперервно. Розчин з резервуару потрапляє в ємність розташовану під кутом з вищого її краю. Під дією сили гравітації вода стікає в інший кінець ємності. На її шляху розміщують горщики з рослинами які постійно отримують дозу вологи та поживних речовин. Стікши в кінець ємності розчин знову потрапляє в резервуар. На цьому цикл роботи даної системи замикається. Субстрат в таких системах майже не використовують. У попередніх розглянутих системах він використовувався для затримки вологи та поживних речовин. В даній же системі потреби в цьому не має. Схематичне зображення ГС поживного шару зображено на рисунку 2.4.

Переваги ГС поживного шару:

- коренева система отримує багато кисню що позитивно впливає на розвиток рослин;
- компактність та ефективне використання корисної площі.

Недоліки ГС поживного шару:

- є велика ймовірність заторів що потребує постійного догляду за системою;
- необхідність в частій зміні поживного розчину;
- поломка насоса або відключення електрики може призвести до занепаду всього урожаю, якщо вчасно не прийняти необхідних заходів по його збереженню.



Рисунок 2.4 – Схематичне зображення гідропонічних систем поживного шару [4]

Система крапельного поливу наразі є найрозповсюдженішою в світі серед систем гідропоніки. Принцип її роботи досить простий. Насос з таймером перекачують поживний розчин в трубу яка йде до горщиків з рослинами. З цієї труби до кожного горщика йдуть трубки меншого розміру

через які ПР скапує в горщик з рослиною. Схематичне зображення ГС крапельного поливу зображено на рисунку 2.5.

Переваги ГС крапельного поливу:

- рослина гарантовано отримує потрібну кількість поживних речовин та вологи;
- її ефективність перевірена багатьма фермерами з усього світу;
- компактність та ефективне використання корисної площі.

Недоліки ГС крапельного поливу:

- чутливість до відімкнення електроенергії та поломок.

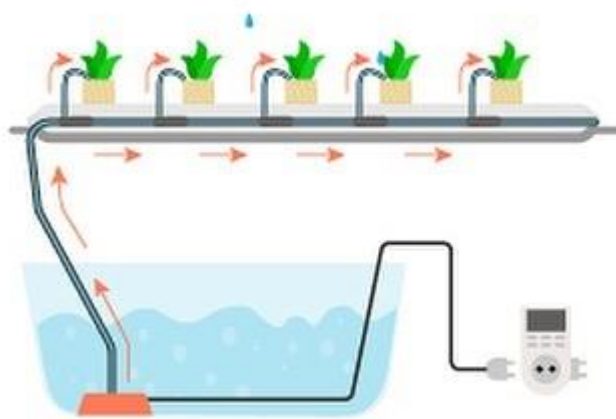


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення гідропонічних систем крапельного поливу [4]

Аeropоніка є самим технологічним типом гідропонічних систем. В таких системах корені рослин знаходяться в підвішеному стані в повітрі. В нього саме й розпилюється поживний розчин забезпечуючи кореневу систему рослини поживними речовинами. Дані системи мають найкращий доступ кисню до коренів рослин що дуже гарно впливає на їх ріст. Темпи

дозрівання рослин в таких системах є найшвидшим що дозволяє збирати урожай багато раз на рік. Схематичне зображення систем аеропоніки зображено на рисунку 2.6.

Переваги аеропоніки:

- рослини отримують максимальну кількість поживних речовин та кисню що забезпечує їх швидкий розвиток.

Недоліки аеропоніки:

- потреба в постійному догляді за системою зумовлена її складністю;
- неможливість використання густих розчинів через пропускну здатність форсунок;
- необхідність в дуже точному налаштуванні системи.

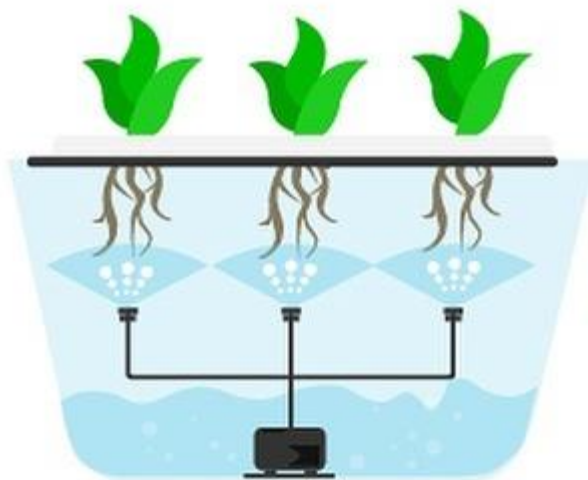


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення систем аеропоніки [4]

Як видно існує дуже багато типів ГС. Основною відмінністю в них є спосіб доставки поживного розчину до рослин. Зрештою всі вони мають спільні риси. Невід’ємною частиною ГС є резервуар з поживним розчином. Варто ще раз нагадати що поживний розчин це суміш води та всіх необхідних для рослини мікроелементів. Зазвичай його створення та контроль якості здійснюється вручну. Контроль якості є досить кропітким

процесом та має проводитися постійно. Для полегшення процесу вирощування рослин в ГС та покращення контролю за показниками якості ПР краще використовувати автоматизовану систему безперервного відстеження параметрів ПР. До основних параметрів ПР належать: електропровідність (залежить від кількості поживних речовин в розчині), температура, кислотність середовища (рівень рН).

Рівень кислотності (рН) відповідає за засвоєння рослинами поживних речовин. Якщо рН не буде знаходитися в межах норми поживні речовини не будуть засвоюватися рослиною. рН чистої води знаходиться на відмітці від 5,5 до 8,5. Якщо говорити про розчин для гідропоніки то його рН має складати від 5,5 до 6,5 в залежності від вирощуваної культури. Рівень кислотності розчину регулюється за допомогою спеціальних добавок.

Електропровідність залежить від кількості розчинених поживних речовин в розчині. Потрібна електропровідність розчину змінюється в залежності від стадії росту рослини та самої рослини. На початку вирощування вона має складати близько 0,2мС/см, та підіймається по мірі росту рослини до 2,5мС/см. Якщо електропровідність розчину вийде за необхідні рамки, листки рослин почнуть всихати. Але все ж якщо так сталося для запобігання продовження негативної дії весь розчин зливають, а на його місце заливають чисту воду. Чисту воду замінюють на ПР через декілька днів.

Оптимальною для нормального росту рослин вважається температура від 18 до 22 градусів Цельсія. Деякі рослини можуть витримати і вищі температури аж до 27 градусів. Але при перевищенні цього показника рослина починає значно вповільнювати свій розвиток.

Одним з найбільш важливих факторів в вирощуванні рослин методом гідропоніки є вчасний полив. Діло в тім що на відміну від землі гідропонічна теплиця не має таких амортизуючих властивостей. Мається на увазі те що в випадку вирощування рослин в ґрунті рослина отримує воду та корисні

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						17
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

речовини з землі. В свою чергу більшість споживаної вологи потрапляє на грядки з дощем. Якщо видається посуха то виростаючи в ґрунті рослина ще має доступ до деякої кількості вологи глибше в землі. Звісно ж рослина сповільнює свій розвиток, а при повній нестачі води починає всихати. Але це не відбувається з такою швидкістю як в системах гідропоніки. В ГС рослині немає де брати додаткової вологи та поживних елементів окрім як з поживного розчину, який дістається до рослини за допомогою насоса. Насос повинен вмикатися через чітко визначені інтервали часу. Якщо вмикати насос занадто часто рослина буде отримувати надлишок вологи на поживних речовин через що може відбутися загнивання її кореневої зони. Якщо ж вмикати насос занадто рідко то рослина не буде отримувати потрібної кількості вологи та поживних речовин через що уповільнить свій розвиток та почне всихати. Гірше всього те що темпи всихання будуть набагато швидші в порівнянні з класичним методом вирощування рослин. Якщо в разі неполадки або по халатності працівників ферми полив рослин буде призупинено на тривалий час то весь урожай можна втратити за декілька днів або й годин.

Освітлення також грає важливу роль в вирощуванні рослин з допомогою ГС. Цікавим фактом є те що для нормального розвитку рослині не потрібен весь спектр світла. Вчені вважають, що пік реакції фотосинтезу в листках рослин відбувається при освітленні їх червоним та синім світлом. Решта діапазону світла майже ніяк не впливає на протікання природних процесів в рослині. Тому ідеальним світлом для гідропонічних теплиць вважається суміш синього та червоного. В природних умовах схожі умови освітлення приходить на період заходу сонця.

На основі викладеної вище інформації можна зробити висновок, що вирощування рослин за допомогою ГС це досить складний та кропіткий процес. Саме тому останнім часом багато фермерських господарств вводять автоматизовані системи керування ГС.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						18
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2 Автоматизація систем гідропоніки

Автоматизувати системи гідропоніки почали відносно недавно [5]. Більшість систем розроблюються під конкретні потреби підприємців, що збираються займатися культивуванням рослин за допомогою гідропоніки. Інформації про них в мережі дуже мало. Це зрозуміло адже дані розробки є частиною інтелектуальної власності компаній, що їх розробили. Але навіть доступні відомості про дані системи дають змогу скласти загальну характеристику сучасних систем автоматизації гідропонічних установок.

Система автоматизації ГС складається з великої кількості елементів. Основним елементом системи є контролер. Він контролює всі основні параметри системи та бере на себе керування деякими елементами системи.

Контролер збирає дані про якість ПР та стан зовнішнього середовища. А саме: вміст поживних речовин в розчині (визначається за допомогою вимірювання провідності розчину), його жорсткість (pH), температуру розчину, температуру зовнішнього середовища та вологість. Ці дані носять інформаційний характер. При необхідності їх зміни контролер повідомляє робітника, щоб той мав змогу вчасно додати необхідні речовини до ПР вручну, замітини ПР, провітрити приміщення, підвищити або зменшити температуру навколишнього середовища. На великих підприємствах контроль та створення ПР може відбуватися автоматично. Ці операції виконує спеціальний вузол системи показаний на рисунку 2.7.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						19
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 – Автоматизований вузол контролю та змішування поживного розчину

Основним недоліком такого вузла є його дуже висока ціна. Через це для малого бізнесу та невеликих ферм по вирощуванню сільськогосподарських культур вони недоступні. Хоча питання контролю розчину стоїть гостро однаково для всіх.

Насправді автоматичне змішування компонентів ПР та підтримка їх на постійному рівні актуальна не завжди. Наприклад в таких системах як: капілярні, DWS, крапельного поливу, аеропоніка немає зворотного потоку ПР. Поживний розчин в них поступає в горщики де всмоктується рослиною та частково випаровується. Тому очевидно що концентрація поживних речовин та рівень рН в ПР який знаходиться в окремій ємності не змінюється. Тому для таких систем буде достатньо обмежитися збором даних про стан ПР для запобігання надзвичайних ситуацій на виробництві.

Що до систем періодичного заповнення та систем поживного шару, зміна параметрів ПР буде зумовлена тим що при його проходженні через корені рослин поживні речовини можуть всмоктуватися не в повній кількості або всмоктуватися повністю на відміну від води. Повертаючись до основної ємності такий розчин, з порушеною концентрацією корисних речовин, буде змішуватися з основним розчином та змінювати його характеристики. Але слід зауважити що до такої ситуації частіше всього призводить неправильний

підбір параметрів розчину для вирощування тої чи іншої культури. В ідеалі всі параметри ПР підбираються під кожен вид вирощуваної культури. Та при правильному їх підборі процес всмоктування вологи та поживних речовин буде проходити рівномірно, а розчин що повертається до основної ємності після проходження через кореневища рослин, не буде викликати серйозних змін в параметрах ПР. Тому при умові правильного початкового змішування розчину, додавання додаткових нормуючих речовин потрібно буде проводити раз в 6 - 10 днів. При такій частоті використання промислові автоматизовані змішувачі будуть окупатися дуже довго і перший час приносити самі збитки. Саме тому вони використовуються тільки на великих підприємствах де основна їх задача це автоматичне змішування великого об'єму суміші та перекачування її по системі поливу.

Окрім контролю параметрів середовища вирощування контролер системи керування ГС керує поливом рослин а автоматичному режимі. Це дуже важливо для вирощування сільськогосподарських культур у штучних умовах. Занадто частий полив може призвести до загнивання кореневої системи, зворотна ситуація з не частим поливом приведе до того що росина буде пересихати та не отримувати потрібної кількості поживних речовин для нормального розвитку.

В більшості випадків ГС мають багаторушну конструкцію та встановлюються в закритих приміщеннях. Це унеможливорює використання природнього освітлення для процесу фотосинтезу в рослинах. Тому для освітлення в ГС використовують штучні джерела світла (частіше всього фіто-лампи). Для нормального росту та розвитку рослин в штучних умовах потрібно імітувати зміну дня і ночі. Цю задачу виконує контролер керуючи ввімкненням та вимкненням джерел світла. Керування виконується в автоматичному режимі.

Як і в класичному методі вирощування рослин в ґрунті так і в гідропоніці вологість повітря відіграє важливу роль. На початкових етапах

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

виросування рослин слід підтримувати відносну вологість на рівні 80% і більше. В фазі активного росту рослин відносна вологість підтримується на рівні 55-70%. На фінальній стадії коли рослини квітнуть та дають плоди, відносну вологість підтримують ні рівні 40-55%. Це допомагає їм сконцентруватися на рості плодів. Як видно по мірі розвитку рослин їх потреба в вологості спадає. Тим не менш, чим більші та численні ваші рослини тим більше вологи вони випаровують, тим самим впливаючи на вологість приміщення.

Для регулювання показників вологості в невеликих гідропонічних теплицях достатньо простого провітрювання. Але залишається важливим питання контролю вологості в приміщенні.

Як було описано вище температура також відіграє велику роль в вирощуванні рослин з допомогою ГС. Температура в гідропонічній теплиці може змінюватись в залежності від пори року. В теплі пори року необхідність в регулюванні температури може відпасти зовсім, або ж вирішуватися за допомогою провітрювання одночасно з регулюванням вологості. А от взимку питання збереження теплоти в теплиці стоїть особливо гостро. На щастя при проектуванні гідропонічних теплиць цей факт приймають до уваги. Результатом цього є те що сучасні теплиці дуже добре зберігають тепло. Плюсом до всього підвищена вологість що присутня в теплиці сприяє затриманню тепла. Сукупність цих факторів означає те, що потреба в постійному опаленні гарно спроектованої гідропонічної теплиці відпадає. Але це не означає що від опалення потрібно відмовитися повністю. Частіше за все опалення вмикається під час провітрювання приміщення щоб нагріти свіже холодне повітря. Для контролю температури в системі передбачено наявність датчика температури.

Система автоматизації може бути розподіленою (кожен параметр контролюється окремим контролером), або цілісною (з одним спільним контролером).

					IA61.270BAK.005.ПЗ	Аркуш
						22
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розподілені системи знайшли своє розповсюдження серед фермерів любителів та домашніх господарств саме через їх модульність. Не всі починаючі підприємці мають змогу придбати все обладнання відразу. Така модульна система дає можливість вдосконалювати гідропонічну систему поступово. Також вона гарна тим що відмова одного модуля призведе тільки до часткової втрати функціональності системи. Хоча найбільше вигоди такі системи несуть компаніям що їх виготовляють, оскільки мають завищену вартість. Кожен компонент такої системи може коштувати стільки ж як контролер що виконує всі задачі автоматизації наодинці. В результаті фермер отримує дорогу та складну систему що потребує немалих витрат на обслуговування та контроль за її станом.

Системи автоматизації що контролюються одним контролером повністю зайняли сегмент ринку пов'язаний з автоматизацією професійних складних систем гідропоніки. Наразі вони розробляються компаніями під кожен конкретну ГС та побажання підприємця що її замовляє. Такий підхід дозволяє зменшити витрати на автоматизацію за рахунок точного підбору кожного компоненту системи. Але такі системи погано піддаються модернізації. В разі необхідності розширення виробництва в підприємця є два виходи. Перший вихід це будувати нову гідропонічну теплицю, що веде за собою немалі затрати. Іншим виходом може стати повне переобладнання уже існуючої системи. В такому разі затрати на переобладнання можуть досягати суми нової ГС та не гарантують відповідного підвищення ефективності.

2.3 Вибір об'єкта управління

Як об'єкт управління в розробленій системі автоматичного керування процесу вирощування рослин методом гідропоніки була обрана система крапельного поливу. Серед всіх вище розглянутих систем гідропоніки вона є

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						23
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

найбільш оптимальною. При своїй компактності та відносній простоті вона забезпечує велику урожайність. Більші показники урожайності можливі лише при вирощуванні рослин методом аеропоніки, який то того ж є найбільш складним та примхливим в плані обслуговування.

Система крапельного поливу розроблялась здебільшого для тепличних господарств, з можливістю розширення до промислових масштабів. Даний тип ГС гарно підходить для вирощування майже всіх сільськогосподарських культур та може використовуватися як в відкритому просторі так і в теплиці.

Основною частиною ГС крапельного типу є система подачі поживного розчину. Вона складається з великої кількості труб та шлангів різного діаметру. Щоб потрапити до рослини ПР проходить шлях від ємності з ним до головної труби системи. Вона має найбільший діаметр та встановлюється перпендикулярно рядам з рослинами. Від головної труби йдуть труби меншого діаметру вздовж рядів рослин. В свою чергу від цих труб йдуть шланги малого діаметру до кожної рослини окремо. Основним плюсом такої системи доставки ПР є її модульність та гнучкість налаштувань. Також вона гарантує отримання потрібної кількості поживних речовин да води для кожної рослини.

В якості субстрату в таких системах частіше всього використовують мінеральну вату. Мінеральна вата це вулканічна порода яка була оброблена високою температурою та перетворена в волокно. Останнім часом від мінеральної вати як субстрату почали відмовлятися на користь кокосового субстрату який є більш екологічним.

ГС крапельного типу не має замкненого циклу циркуляції ПР. Це набагато спрощує як саму систему так і догляд за нею. По-перше не має потреби в постійному корегуванні параметрів ПР. Це означає що підприємство може зекономити багато коштів відмовившись на покупці дорогого обладнання для автоматичного регулювання параметрів ПР. По-друге в такій системі значно зменшується вірогідність поломок. Системи

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

закритого циклу такі як: поживного шару та періодичного затоплення вимагають постійного контролю за станом агрегатів насосу. Діло в тім що ПР що повертається по основної ємності може нести з собою частки кореневищ та гнилля. Ці часточки можуть забиватися в агрегатах насосу, що веде до його поломки.

Все вище сказане слугує серйозними аргументами в виборі ГС для фермерів та підприємців всього світу. Саме завдяки надійності, гнучкості, простоті та високій ефективності гідропонічні системи крапельного поливу є найрозповсюдженішим типом ГС в світі на даний момент.

Висновки розділу

В даному розділі було розглянуто існуючі типи систем гідропоніки. Вказано на переваги та недоліки кожної с систем в порівнянні з іншими. Було складено опис існуючих систем автоматизації ГС, та обрано об'єкт керування для системи розробленої в даній дипломній роботі.

На основі всього матеріалу, що було викладено вище можна зробити висновки щодо вимог до системи розробленої в даній дипломній роботі. Контролер в системі керування повинен бути один, та виконувати всі поставлені задачі автоматизації.

Також система має мати всі необхідні датчики для збору даних про середовище в якому вирощується рослина.

Для збору даних про стан поживного розчину в системі мають бути присутні водонепроникний датчик температури, датчик провідності та датчик рівня рН. Автоматичне регулювання параметрів ПР на основі цих даних в системі не передбачено. Це не має сенсу адже в обраній для автоматизації ГС не має негативного впливу на ПР, що могло б призвести до порушення його параметрів. Основною ціллю збору даних про стан ПР є попередження надзвичайних ситуацій, та контроль якості розчину на етапі

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

його додавання в систему. Також в системі передбачено наявність датчика температури та вологості повітря. Дані отримані з датчика використовуються для відстеження мікроклімату приміщення де встановлюється ГС в режимі реального часу.

Керування виконавчими пристроями гідروпонічної системи повинно виконуватися за встановленою, оператором ГС, програмою. Це дасть системі гнучкість налаштувань та дозволе зробити її універсальною. Тобто не залежати від параметрів конкретної ГС, а мати змогу підлаштовуватись під будь-яку ГС крапельного типу.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

3 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОУ

Функціональну схему розробленої системи автоматичного керування представлено на кресленку ІА61.270БАК.005 Э2.

На рисунку 3.1 зображено функціональну схему автоматизації систем гідропоніки крапельного типу. На схемі показано складові елементи системи та контури керування, що можуть використовуватися для її автоматизації.

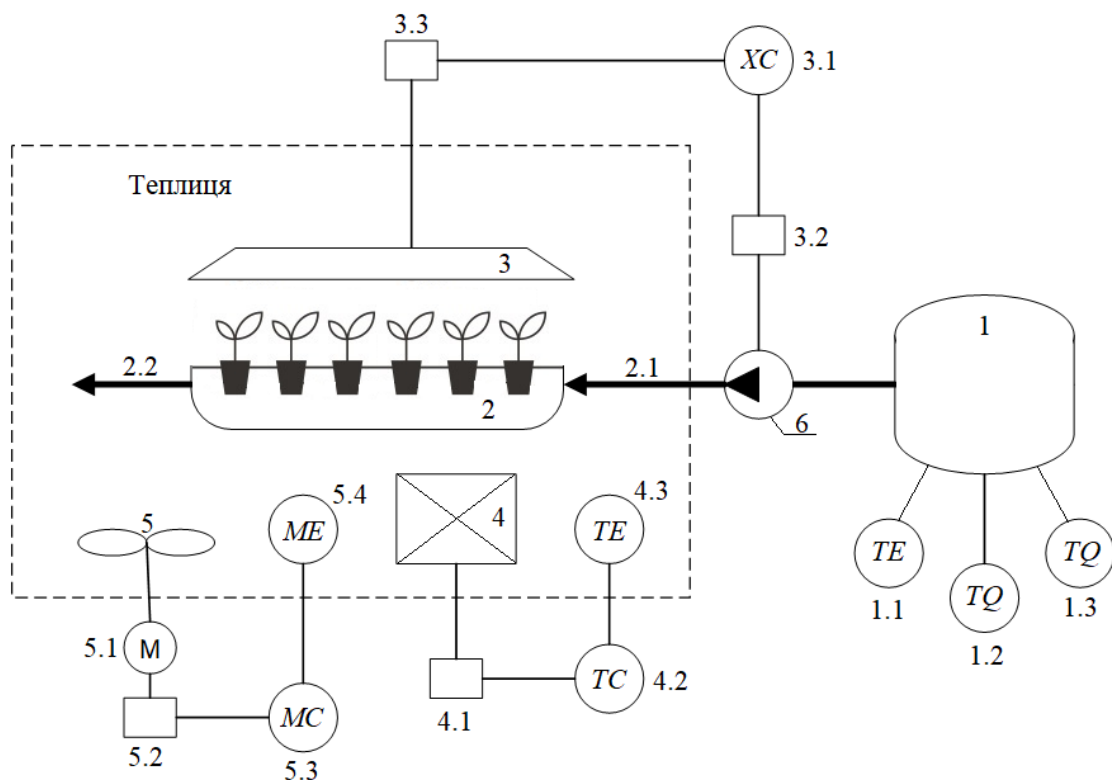


Рисунок 3.1 – Функціональна схема автоматизації об’єкта управління

Пояснення до схеми:

- 1 - Бак з поживним розчином;
- 1.1 – датчик температури розчину;
- 1.2 – датчик рН;
- 1.3 – датчик провідності;
- 2 – грядка з рослинами;
- 2.1 – трубопровід подачі поживного розчину;

- 2.2 – часткові випари поживного розчину;
- 3 – система освітлення (фіто-лампи);
- 3.1 – пристрій керування подачею поживного розчину та освітленням;
- 3.2 – регулюючий орган подачі поживного розчину (реле);
- 3.3 – регулюючий орган контролю освітлення (реле);
- 4 – обігрівач;
- 4.1 – регулюючий орган системи опалення (реле);
- 4.2 – пристрій керування системою опалення;
- 4.3 – датчик температури навколишнього середовища;
- 5 – вентилятор системи вентиляції;
- 5.1 – електродвигун вентилятора системи вентиляції;
- 5.2 – регулюючий орган системи вентиляції (реле);
- 5.3 – пристрій керування системою вентиляції;
- 5.4 – датчик вологості;
- 6 – насос для подачі поживного розчину.

На функціональній схемі автоматизації ГС крапельного поливу зображено три контури керування. А саме: контур керування системою вентиляції, контур керування обігрівом теплиці, контур керування подачею ПР та освітленням.

Контур керування системою вентиляції використовує дані з датчика вологості. На основі цих даних в гідропонічній теплиці вмикається або вимикається система вентиляції, виконавчим органом якої є вентилятор.

Контур керування обігрівом теплиці використовує дані з датчика температури. Як і в випадку з системою вентиляції на основі отриманих даних приймається рішення про регулювання температури в теплиці.

Використання контурів керування вентиляцією теплиці та обігріву не є обов'язковими для вирощування рослин методом гідропоніки. Частіше

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						28
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

всього до їх використання прибігають коли вони вже наявні в приміщеннях, які переобладнані для встановлення в них ГС. Такими приміщеннями можуть бути колишні товарні склади, ангари і т. п. . Більш правильним рішенням буду використовувати спеціальні теплиці для розміщення в них ГС. Гарно спроектовані теплиці мають високі показники енергозбереження, що дозволяє підтримувати потрібні умови для вирощування всередині навіть при несприятливих погодних умовах ззовні (наприклад взимку). Як вже було сказано в попередньому розділі в разі необхідності зміни параметрів внутрішнього середовища, а саме температури та вологості, достатньо час від часу провітрювати приміщення. Саме так зараз і вчиняє більшість фермерів на гідропонічних господарствах.

Контур керування поливом та освітленням є основним в системі автоматизації ГС. Він необхідний для забезпечення вчасного поливу та керування освітленням ГС. Автоматизація даного контуру керування дозволяє мінімізувати шкоду від людського фактору в вирощуванні рослин методом гідропоніки, тим самим значно підвищити урожайність та економічність виробництва. Під людським фактором мається на увазі наступне: без наявності автоматичного керування поливом та освітленням, цю задачу виконує людина. Контроль поливу виконується вчасним ввімкненням та вимкненням насосу системи подачі ПР. Якщо цю задачу виконує людина то завжди є місце таким подіям як: невчасний полив, збій графіку поливу, занадто довге або коротке ввімкнення насосу, що веде до переливу рослин, або в оберненому випадку до недоливу. Перелив небезпечний тим, що може визвати появу кореневого гнилля. Для появи гнилля достатньо всього декілька разів переборщити з поливом, що в кінці призведе якщо не до втрати всього урожаю то до його частини. Недолив менш небезпечний, але може стати причиною всихання та зменшення якості та кількості урожаю. Окрім зазначених вище випадків впливу людського фактору також завжди присутній ризик стикнутися з халатністю працівників.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						29
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

А при роботі з такою складною та чутливою системою як гідропоніка, це може призвести до непоправних наслідків та в результаті до великих збитків.

Контроль освітлення здійснюється ввімкненням та вимкненням спеціальних фіто-ламп. Виконувати дані дії потрібно вчасно щоб не збивати природні ритми рослин. Як і в випадку з поливом вплив людського фактору на систему освітлення може призвести до небажаних наслідків.

Окрім контурів керування на схемі також зображено декілька елементів, що не належать до жодного з них. Це датчики що збирають данні про стан та якість ПР. А саме: датчик температури, датчик провідності та датчик рівня рН. Дані отримані з них в даній системі використовуються для додаткового контролю якості нового розчину, що додається в систему, та попередження надзвичайних ситуацій які можуть виникнути в разі різкої зміни параметрів ПР, викликані поломкою системи чи людським втручанням.

На основі вище сказаного можна зробити висновок про кінцевий вигляд розробленої в даній дипломній роботі системи автоматизації гідропонічної установки.

Автоматизації в розробленій системі буде підлягати контур керування поливом та освітленням. Інші контури не потребують постійного втручання та контролю, а в деяких випадках можуть взагалі не встановлюватися в системах гідропоніки. Контур керування поливом та освітленням є основним в системі та найбільше потребує автоматизації. Також в системі передбачена наявність наступних датчиків: датчик температури ПР, датчик провідності ПР, датчик рівня рН в ПР, датчик вологості та температури повітря. Дані з цих датчиків передаються на мікроконтролер який в свою чергу передає їх робітнику що стежить за станом теплиці. Дані вирішено передавати на щит управління.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						30
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.1 Вибір та обґрунтування окремих вузлів та елементів

3.1.1 Водонепроникний датчик температури



Рисунок 4.1 – Датчик температури DS18B20 в захисному корпусі [6]

Для вимірювання температури поживного розчину було обрано водонепроникний датчик температури DS18B20 [6] (рисунок 4.1).

Характеристики датчика DS18B20:

- робоча напруга 3 .. 5,5В;
- точність (в діапазоні -10 .. +85 °С) $\pm 0,5$ °С;
- робочий діапазон температур -55 .. 125 °С;
- вибір 9 або 12 бітної розрядності;
- інтерфейс 1-Wire;
- паралельне підключення сенсорів;
- зонд з нержавіючої сталі.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

IA61.270БАК.005.ПЗ

Аркуш

31

Даний датчик не просто перетворює температуру в зміну напруги на напівпровіднику, а є повноцінним електронним термометром. В невеликому корпусі розміщується цифрова програмована схема з EEPROM пам'яттю на кристалі.

Обмін інформацією з контролером здійснюється за допомогою прямокутних імпульсів по інтерфейсу 1-Wire. Даний інтерфейс використовує тільки один вихід мікроконтролера. Передача температури до мікроконтролера здійснюється з розрядністю від 9 до 12 біт.

Для живлення датчику потрібно тільки два виходи: VCC з діапазоном напруги від 3 до 5,5В та GND.

Датчик розміщується у водонепроникному корпусі. Виходом GND в такому випадку є провід чорного кольору, виходом VCC є червоний провід, а за вихід DATA відповідає синій провід.

3.1.2 Датчик температури та вологості навколишнього середовища

Вологість повітря – це величина яка характеризує кількість водяного пару в атмосфері. Вона може виражатися як:

Абсолютна вологість – це маса водяного пару, що міститься в 1 м³ повітря. Іншими словами це щільність водяного пару в повітрі (вимірюється в г/м³).

Відносна вологість – це відношення наявної абсолютної вологості до максимальної абсолютної вологості при наявній температурі. Виражається в процентах.

Якщо річ йде про вирощування рослин, то зазвичай говорять про відносну вологість. Дана величина вимірювання вологи дуже вдала, але це не позбавляє її недоліків. Чим більша температура повітря тим більше вологи воно може утримати. Це означає що з підвищенням температури відносна вологість буде падати, хоча в реальності кількість водяної пари в повітрі буде

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

незмінною. В таблиці 4.1 приведено залежності максимальної абсолютної вологості від температури.

Таблиця 4.1 – Залежність максимальної абсолютної вологості від температури

Температура $t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Максимальна абсолютна вологість $f_{\text{max}}, (\text{г/м}^3)$	4,8	9,4	17,3	30,4	51,1	83,0	130	198	293	423	598

В якості датчика вимірювання температури та вологості навколишнього середовища було обрано AM2302 фірми AOSONG [7] (рисунок 4.2). Це цифровий датчик підвищеної точності та з низьким електроспоживанням.



Рисунок 4.2 – Датчик температури та вологості [7]

Характеристики датчика температури та вологості AM2302:

- тип AM2302 цифровий;
- точність: 0,1;
- діапазон вимірювання вологості 0 ..100% відн. вологості;
- діапазон вимірювання температури -40 .. 80 °С;
- точність вимірювання вологості $\pm 2\%$ відн. вологості;
- точність вимірювання температури $\pm 0,5$ °С;
- робоча напруга 3,5 .. 5,5В;
- кількість виводів 4.

3.1.3 Датчик рН

рН (або попросту жорсткість розчину) – це величина що показує міру активності іонів водню (H^+) в розчині, тобто степінь кислотності або лужності цього розчину.

Для вимірювання такого важливого параметра було обрано аналоговий датчик рН SEN0169 [8] (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – датчик рівня рН SEN0169 [8]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

IA61.270БАК.005.ПЗ

Аркуш

34

Характеристики датчика pH SEN0169:

- робоча напруга 5В;
- діапазон вимірювання 0 .. 14 pH;
- вимірювальна температура 0 .. 60 °С;
- точність вимірювання (при температурі 25 °С) $\pm 0,1 \text{ pH}$;
- інтерфейс РН2.0 (3-футовий патч).

Загалом всі датчики рівня pH складаються з двох частин, а саме: вимірювальний зонд та вимірювальна плата. Діло в тому що термін служби вимірювального зонду дуже невеликий. При нормальних умовах середовища (чиста вода з температурою 25 градусів) зонд може пропрацювати близько двох років. Але при роботі в агресивному середовищі час роботи пристрою зменшується в рази і може доходити до року або декількох місяців. Вимірювальна плата навпаки може пропрацювати довгі роки. Тому немає необхідності об'єднувати ці два пристрої адже в даному випадку при поломці системи заміна всього вимірювального пристрою обійшлася б дорожче заміни самого зонду.

Робота датчика рівня pH заснована на вимірюванні ЕРС між електродами. Дана ЕРС пропорційна активності іонів водню в розчині (тобто водневому показнику). По суті вимірювальний зонд це спеціальний вольтметр. Один електрод в ньому зроблено зі скла (він називається вимірювальним) а інший з хлор-срібла (допоміжний).

В таблиці 4.2 приведено відповідності напруги на електроді від значення рівня pH для обраного датчика.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						35
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Залежність напруги на електроді від pH

Напруга, мВ	Значення pH	Напруга, мВ	Значення pH
414,12	0	-414,12	14
354,96	1	-354,96	13
295,80	2	-295,80	12
236,64	3	-236,64	11
177,48	4	-177,48	10
118,32	5	-118,32	9
59,16	6	-59,16	8
0	7	0	7

Звісно ж для вимірювання потрібної нам напруги не підійде звичайний вольтметр. Діло в тім що вхідний опір пристрою має бути дуже високим. Вхідний струм не більше 10^{-10} А, а напруга ізоляції між входами не менш ніж 10^{11} Ом. Дана вимога є основною до системи вимірювальної плати. Обумовлене воно дуже високим внутрішнім опором скляного електрода.

3.1.4 Датчик провідності

Збір даних про вміст поживних речовин здійснюється за допомогою датчика провідності. Провідність характеризує кількість розчинених іонів солей та домішок в розчині. З розрахунку на те що для створення поживного використовується чиста вода та домішки добрив, показник провідності розчину буде показувати точну кількість поживних речовин в розчині.

На даний час датчики провідності використовуються в багатьох системах, таких як: система обробки води, градирнях на ТЕЦ та АЕС, системах зворотного осмосу (системи отримання питної води з морської).

В якості датчика провідності був обраний аналоговий датчик вимірювання провідності DF-SEN0223 [9] від компанії DFRobot. Як і в

випадку з датчиком рН, датчик провідності складається з двох частин. А саме: вимірювального електроду та вимірювальної плати (рисунок 4.4). Датчик DF-SEN0223 має наступні характеристики:

- робоча напруга 5В;
- діапазон вимірювання 1мс/см .. 20мс/см;
- вимірювальна температура 0 .. 50 °С;
- точність вимірювання (при температурі 25 °С) $<\pm 10\%$;
- інтерфейс РН2.0 (3-футовий патч).



Рисунок 4.4 – вимірювальна плата датчика провідності [9]

Важливим фактором в вимірюванні провідності є частота проведення вимірів. Рекомендована частота вимірів повинна складати один раз в п'ять секунд. Дана вимога поставлена з урахуванням того, що якщо проводити вимірювання з більшою частотою на вимірювальному зонді може залишитися заряд. В слідстві чого рідина біля датчика поляризується, а показники будуть не точними.

3.1.5 Пристрій введення/виведення

В якості пристрою введення/виведення було обрано сенсорний дисплей TS1036L [10] (PCAP) (рисунок 4.5). Характеристики дисплею TS1036L:

- інтерфейс USB;
- сенсорний екран;
- розмір екрану 10 дюймів;
- роздільна здатність 1280 x 800 точок;
- ступінь захисту IP65;
- кількість одночасно реєстрованих дотиків 10.

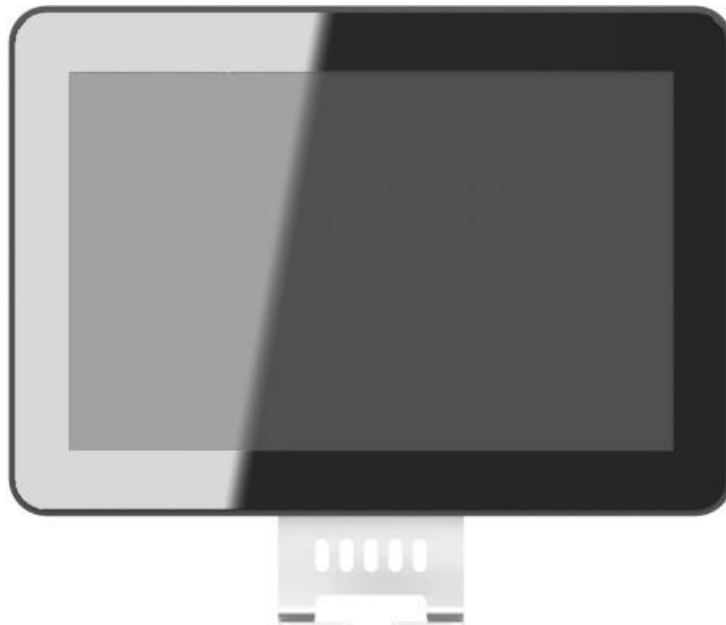


Рисунок 4.5 – Сенсорний дисплей TS1036L (PCAP) [10]

Даний дисплей є українською розробкою та виготовляється в Україні. Він має високий ступінь захисту від пилу та вологи, що є великим плюсом для розроблюваної системи. Також даний дисплей уже має необхідні кріплення та виходи, що дозволяє замінити ним щит керування в розробленій системі.

3.1.6 Вибір пристрою комутації

Вибір насосу та системи освітлення, залежить від її розміру, типу та побажань підприємця.

Вибір насосу сильно залежить від розміру теплиці, а точніше від кількості ПР що потрібно перекачувати по системі поливу. Насос може або опускатися в ємність з ПР (такі насоси називають заглибленими) або знаходитися на поверхні. Для систем крапельного поливу рекомендується використовувати поверхневі насоси. Вони більш довговічні та надійні. Це обумовлено тим що вони не повинні знаходитися в водному середовищі заповненому макро та мікроелементами. Також не можна сказати, що вибір поверхневого насосу вбереже систему від поломок. Тому необхідно регулярно проводити його технічне обслуговування. Для ГС заборонено використовувати насоси, що мають оцинковані деталі, оскільки вони швидко виходять з ладу через контакт з ПР.

Кількість елементів освітлення їх розмір та потужність залежить від кількості культивованих рослин, приміщення в якому знаходиться ГС, та її конструкції. Здебільшого при проектуванні ГС обираються світлодіодні фітолампи.

Оскільки всі вище перераховані виконавчі пристрої обираються під кожен гідропонічну систему індивідуально та отримують живлення від мережі 220 В, розроблена система буде комутувати з ними за допомогою реле. Це означає що розроблена система може використовуватися як універсальна та не залежати від характеристик ГС. Управління може виконуватися по командам оператора теплиці або по закладеній програмі.

В якості реле було обрано електромеханічне реле компанії Songle SRD-05VDC-SL-C [11]. Вигляд реле SRD-05VDC-SL-C приведено на рисунку 4.6.

					<i>IA61.270БАК.005.ПЗ</i>	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

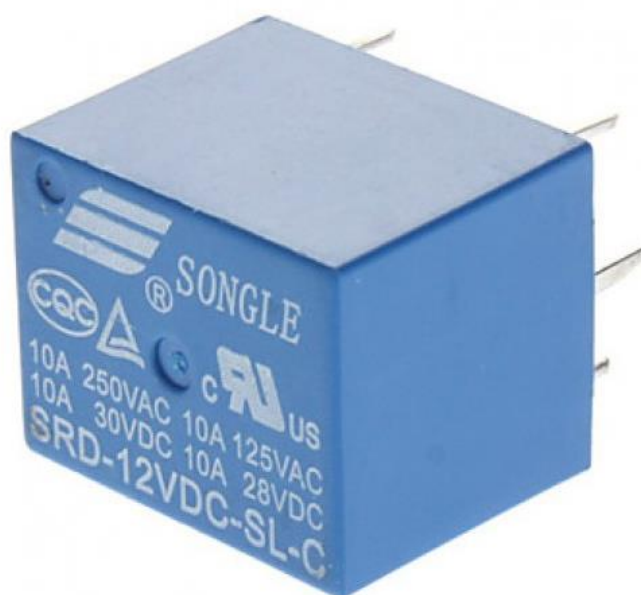


Рисунок 4.6 – Загальний вигляд реле SRD-05VDC-SL-C [11]

Реле SRD-05VDC-SL-C має наступні характеристики:

- номінальна робоча напруга котушки 5В;
- герметичний корпус;
- максимальна комутована напруга 250В;
- робоча температура $-25^{\circ}\text{C} \dots +75^{\circ}\text{C}$.

3.1.7 Мікроконтролер

Мікроконтролер в розроблюваній системі керування гідропонічною установкою повинен виконувати наступні задачі:

- автоматично керувати процесом поливу та освітленням ГС;
- отримувати показники з датчиків;
- передавати інформацію про стан системи до пристрою введення/виведення.

Потрібно також враховувати той факт, що мікроконтролер має мати достатньо вільних цифрових портів вводу-виводу для підключення до нього

решти комплектуючих. Електронасос та система освітлення в розроблюваній системі комутуються з мікроконтролером за допомогою реле, обмін даними з пристроєм вводу/виводу здійснюється з допомогою послідовного інтерфейсу по лініям RX та TX, решта датчиків потребує вільних цифрових та аналогових виходів.

Також обраний мікропроцесор має мати достатньо оперативної пам'яті. Ця вимога обумовлена наявністю в системі пристрою введення/виведення. Обмін інформацією між мікропроцесором та пристроєм введення/виведення здійснюється текстовими AT командами, для форматування та зберігання яких потрібно достатньо оперативної пам'яті.

Розглянемо декілька найбільш поширених сімейств мікроконтролерів на ринку в даний момент.

MCS-51 – сімейство мікроконтролерів розроблене компанією intel яке прийшло на зміну випущеним ще у 1976 році сімейству MCS-48. На відміну від своїх попередників вони характеризувались значно зменшеним часом виконання команд (до 10 раз в залежності від використання). MCS-51 є однокристальними мікроконтролерами гарвардської конструкції. Вони виконані по n-МОН або КМОН технології та містять у собі 8-бітний мікропроцесор i8051. Його 8-ми розрядна архітектура, відрізняється від більшості інших 8-ми розрядних тим, що це CISC архітектура (Complex Instruction Set Computer – комп'ютер з повним набором команд). Це означає, що однією машинною командою можна здійснювати досить складні дії. Дані команди виконуються за більшу кількість тактів (зазвичай 12 або 24 такти, в залежності від типу самої команди), мають різну довжину та їх є велика кількість, для рішення найрізноманітніших завдань. Сімейство MCS-51 дуже різноманітне. Серед мікроконтролерів даної архітектури можна зустріти екземпляри, які мають мінімум периферії, невелику пам'ять та низьку швидкодію. Але також є багато мікроконтролерів які позбавлені цих недоліків. Наприклад такі що виготовляються Silicon Laboratories та мають різноманітну периферію,

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

величезні об'єми оперативної пам'яті, швидкі ядра що здатні виконувати до сотні мільйонів операцій в секунду.

Ще одним дуже поширеним сімейством мікроконтролерів є AVR [12, 13] від компанії Atmel. Як і попередньо розглянуте сімейство мікроконтролерів сімейство AVR це 8-ми бітові мікроконтролери що мають гарвардську архітектуру та систему команд близьку по ідеології до RISC (Reduced Instruction Set Computer - комп'ютер з невеликим числом команд). Команди виконуються за один такт, але на відміну від класичного RISC ядра мають дуже обширну систему команд (хоча не таку зручну як в MCS-51). Характерною властивістю для мікроконтролерів AVR (особливо ATmega) є різноманітність периферії. До неї можуть входити таймери, АЦП та багато іншого.

PIC (Peripheral Interface Controller) – ще одне популярне сімейство мікроконтролерів виконаних по гарвардській архітектурі. Дане сімейство випускається компанією Microchip. Дані мікроконтролери популярні як в професійних колах так і серед радіолюбителів. Свою популярність вони отримали завдяки низькій вартості, великій кількості застосунків та вільним засобам розробки. Від своїх конкурентів дані мікроконтролери відрізняються специфічною системою команд. Їх є всього декілька десятків, та кожна команда виконується за чотири такти. Також для мікроконтролерів PIC характерно низьке електроспоживання та швидкий запуск. Своє призначення вони знаходять в бортових комп'ютерах автомобілів, побутових системах сигналізації та інших поширених системах. Можливим мінусом може стати невелика кількість периферії (особливо в зрівнянні з мікроконтролерами AVR), але цей факт компенсується великим різноманіттям даних мікроконтролерів з різною периферією. Тому завжди є змога підібрати контролер який буде чітко відповідати вашим вимогам.

Також виконуючи огляд популярних на даний момент сімейств мікроконтролерів не можна не згадати про мікроконтролери компанії ARM

					<i>IA61.270БАК.005.ПЗ</i>	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Limited. ARM або Advanced RISC Machine – це сімейство покращених RISC-машин (іноді ARM розшифровують як Acorn RISC Machine), на ліцензійних 32 та 64-бітних мікропроцесорних ядрах. Зокрема в останній декілька років з’являється все більше 32-бітних мікроконтролерів на ядрах ARM Cortex-M0 та Cortex-M3, що знаходяться в ціновому діапазоні своїх 8-ми бітних конкурентів. Мікроконтролери ARM значно кращі в зрівнянні з розглянутими вище сімействами мікроконтролерів в плані швидкодії та енергоспоживання. Сьогодні дані мікроконтролери використовуються в великій кількості носимої електроніки (смартфонах, планшетах), промислових контролерах, робототехніці. До мінусів даних мікроконтролерів сімейства ARM можна віднести той факт, що програматори для них складніші та дорожчі в порівнянні з конкурентами, а також ARM мікроконтролери рідко випускаються в DIP корпусі.

Вибір корпусу для мікроконтролера впливає розмір розроблюваного пристрою та простоту його виробництва. Для розроблюваної в рамках даної дипломної роботи проекту найбільш доречно буде використовувати мікроконтролер в DIP корпусі. DIP корпус є зручним для малосерійного виробництва завдяки простоті його встановлення.

При розробці системи автоматизації представленої в даній дипломній роботі, було розглянуто багато популярних мікроконтролерів в DIP корпусі що можна придбати на даний момент. Дані по знайденим мікроконтролерам приведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Популярні мікроконтролери в DIP корпусі

Назва Мікроконтролера (Фірма виробник)	Об'єм ROM, кілобайт	Об'єм RAM, байт	Кількість виходів
AT89C2051-24PU (Atmel Corp.)	2	128	20
AT89C55WD-24PU (Atmel Corp.)	20	256	40
AT89S2051-24PU (Atmel Corp.)	2	256	20
AT89S4051-24PU (Atmel Corp.)	4	256	20
ATmega16-16PU (Atmel Corp.)	16	1024	40
ATmega168-20PU (Atmel Corp.)	16	1024	28
ATmega32A-PU (Atmel Corp.)	32	2048	40
ATmega644-20PU (Atmel Corp.)	64	4096	40
ATmega8-16PU (Atmel Corp.)	8	1024	28
ATmega88-20PU (Atmel Corp.)	8	1024	28
ATmega8L-8PU (Atmel Corp.)	8	1024	28
ATtiny2313-20PU (Atmel Corp.)	2	128	20

Продовження таблиці 4.3

MC68HC908QY2CP (Freescale Semiconductor Inc.)	1,5	128	16
MC9S08QG8CPBE (Freescale Semiconductor Inc.)	8	512	16
PIC18F2620-I/SP (Microchip Technology Inc.)	64	3958	28

Більшість мікроконтролерів з середньою продуктивністю що представлені в добірці вище виготовлені компанією Atmel та відносяться до серії ATmega.

Для цілей які поставлено перед мікроконтролером в даній дипломній роботі доцільно буде використати ATmega8-16PU [14].

Маркування мікропроцесору можна розшифрувати наступним чином:

Перші дві літери АТ вказують на компанію виробника даного мікроконтролера Atmel.

Mega в назві – це вид сімейства мікроконтролерів Atmel. Серед базових версій мікроконтролерів Atmel також випускає сімейства Tiny та Xmega. Tiny відрізняється зменшеною пам'яттю, числом ліній вводу-виводу, а також обмеженою периферією. Mega займає проміжне місце між Tiny та Xmega. Характерними особливостями Mega є флеш-пам'ять до 384 Кб, SRAM до 16 Кб, EEPROM до 4 Кб, число ліній вводу-виводу від 23 до 86, наявність апаратного помножувача, розширена система команд та велика кількість периферійних пристроїв. Xmega є сімейством зі ще більшим об'ємом пам'яті, чотирьох-канальним DMA-контролером та інноваційною системою обробки подій.

Цифра 8 говорить нам про об'єм флеш-пам'яті в кілобайтах. Варто зауважити що число що вказує на об'єм пам'яті є ступенем двійки. Так наприклад 162 в позначенні мікроконтролера Mega162 не означає що цей мікроконтролер має 162 кілобайти флеш-пам'яті, а має всього 16 кілобайт пам'яті та відноситься до 2 модифікації Mega16.

16 що йде після дефісу – це максимальна частота мікроконтролера в мегагерцах.

P означає що мікроконтролер виконано в DIP корпусі. Він є найбільшим та громіздким видом корпусу для мікроконтролерів, але в той же час його монтаж виявляється найлегшим. Корпуси типу SOIC та TQFP потребують гарного досвіду пайки та якісно витравленої плати.

U означає що даний мікроконтролер виконано в комерційному варіанті. Також бувають мікроконтролери з маркуванням I, що означає промислове виконання. До речі обраний нами мікроконтролер в промисловому варіанті (ATmega8-16PI) встановлюється в деякі контролери Arduino. Тип виконання мікроконтролера впливає допустимі температурні режими, якість виконання, а також ціну. Мікроконтролер ATmega8-16PU має наступні характеристики:

- корпус 28-DIP (0,300", 7,62мм);
- робоча температура -40 .. +85 °C;
- робоча напруга 4,5 .. 5,5 В;
- об'єм ROM 8 кілобайт;
- об'єм RAM 1024 байт;
- кількість ліній вводу/виводу 23;
- периферія: Brown-out Detect/Reset, POR, PWM, WDT;
- максимальна частота роботи 16 MHz;
- види підключення: I²C, SPI, UART/USART;
- 8-ми бітне ядро.

Схема виводів мікроконтролера з назвами всіх виходів представлена на рисунку 4.7.

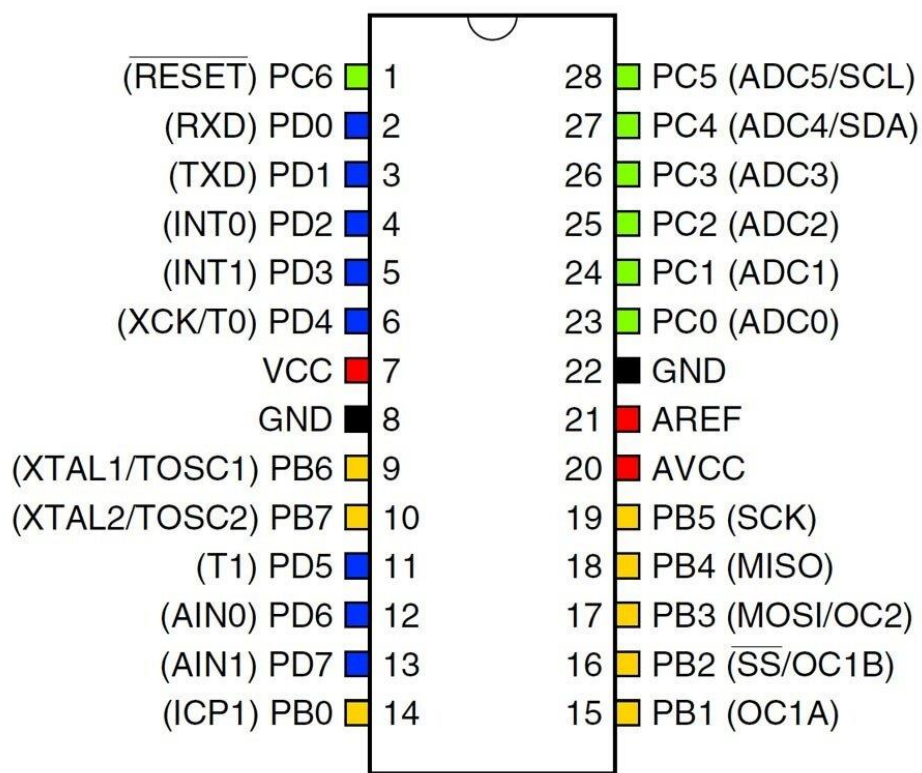


Рисунок 4.7 – Виводи мікроконтролера ATmega8-16PU [14].

Загалом мікроконтролер має 28 виводів, 5 з них відповідають за живлення мікроконтролера та його периферії. Функціональна схема мікроконтролера приведена на рисунку 4.8.

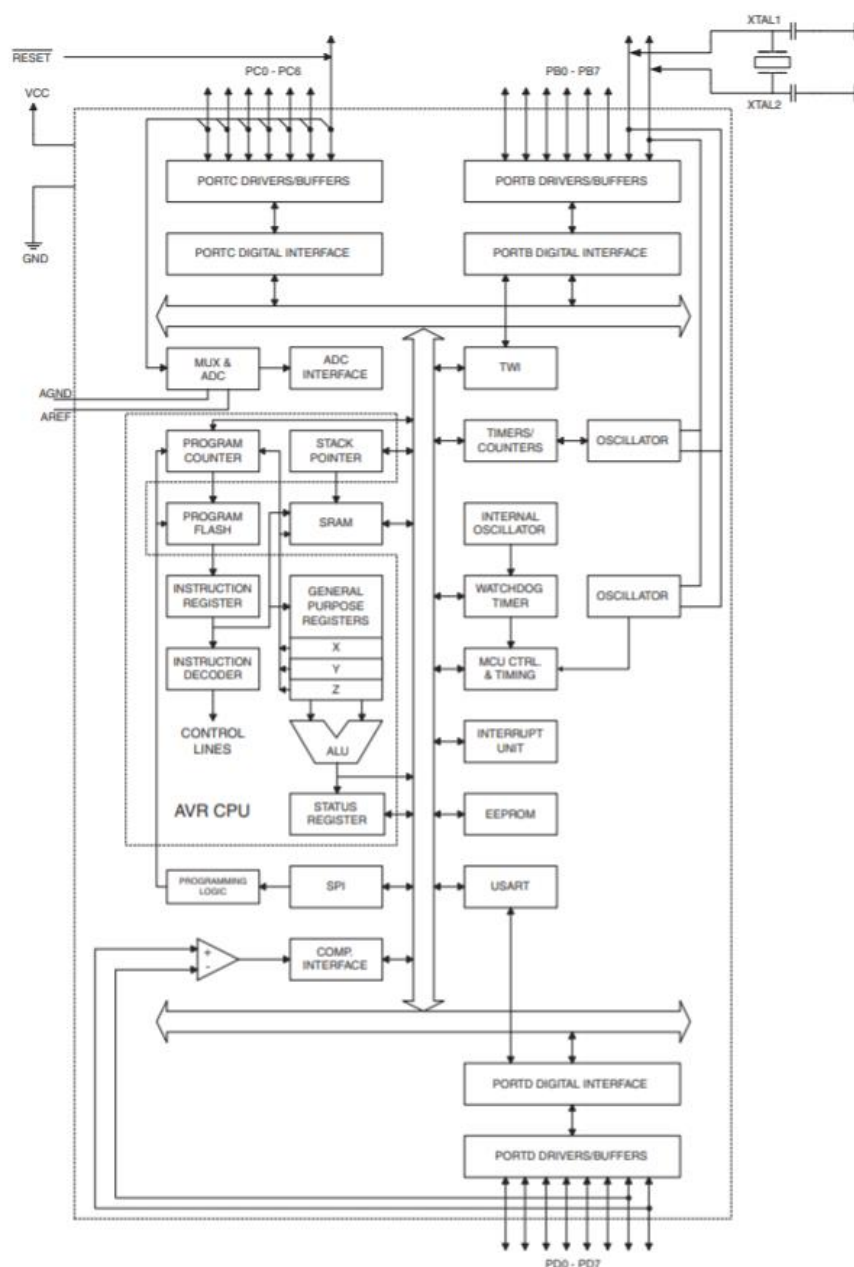


Рисунок 4.8 – Функціональна схема мікроконтролера ATmega8-16PU [14].

Висновки розділу

В даному розділі було виконано підбір елементарної бази системи автоматизації розробленої в даній дипломній роботі. А саме було обрано наступні елементи системи:

- водонепроникний датчик температури DS18B20;
- датчик температури та вологості повітря AM2302;
- датчик рівня pH SEN0169;
- датчик вимірювання провідності DF-SEN0223;
- реле SRD-05VDC-SL-C;
- сенсорний дисплей TS1036L;
- мікроконтролер ATmega8-16PU.

Було наведено детальний опис, наведено технічні характеристики та зображення кожного елементу. В загальному можна сказати, що система буде складатися з недорогих та якісних елементів, що використовуються в багатьох сучасних електричних пристроях, та доводять свою надійність.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

5 РОЗРОБКА СИСЕМИ КЕРУВАННЯ ОУ

5.1 Розробка та опис структурної схеми

Структурна схема системи представлена на кресленику ІА61.270БАК.005 Э1.

Об'єктом управління в розробленій системі є гідропонічна установка крапельного типу. В його склад входить грядка з рослинами, насос, ємність з поживним розчином та система освітлення представлена фітолампами.

Центральним елементом системи автоматизації є контролер. Його основною задачею є керування поливом рослин, та системою освітлення. Керування здійснюється ввімкненням та вимкненням виконавчих пристроїв згідно заданої програми. Виконавчими пристроями є насос, що перекачує поживний розчин по системі, та фіто-лампи що складають систему освітлення.

Також контролер здійснює контроль за параметрами поживного розчину та середовища вирощування. За допомогою датчиків він отримує необхідну інформацію про стан системи та передає її на пристрій введення/виведення. В розробленій системі пристроєм введення/виведення є сенсорний дисплей виконаний в корпусі з усіма необхідними кріпленнями та виходами, що дозволяє замінити ним повноцінний щит керування.

Завдяки датчикам мікроконтролер отримує такі дані: вміст корисних речовин в розчині, рівень рН, температуру розчину, кількість розчину в резервуарі, температура навколишнього середовища, його вологість.

5.2 Розробка та опис функціональної схеми

Функціональна схема системи приведена на кресленику ІА61.270БАК.005 Э2. Дана схема необхідна для наочного зображення усіх з'єднань та елементів автоматизованої системи керування [15].

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						50
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Позначення основних елементів на схемі розшифровуються наступним чином:

- бак з поживним розчином 1
- грядка з рослинами 2
- система освітлення (фіто-лампи) 3
- реле освітлення 3.1
- насос для подачі поживного розчину Н
- реле насосу 4

Автоматичне керування насосом здійснюється за допомогою сигналів з МК. Мікроконтролер комутується з насосом за допомогою реле SRD-05VDC-SL-C. Ввімкнення та вимкнення насосу здійснюється за графіком встановленим оператором ГС.

Автоматичне керування фіто-лампами здійснюється за допомогою сигналів з МК. Мікроконтролер комутується з фіто-лампами за допомогою реле SRD-05VDC-SL-C. Такого ж що використовується для керування насосом. Ввімкнення та вимкнення насосу здійснюється за графіком встановленим оператором ГС.

Вимірювання рівня поживних речовин здійснюється за допомогою датчика провідності від компанії DFRobot. Він складається з вимірювального зонду та вимірювальної плати. Датчик є аналоговим тому наявність АЦП у вибраному нами мікроконтролері є великим його плюсом. Вимірювальна плата підключається до аналогового входу МК.

Вимірювання рівня рН здійснюється за допомогою датчика рН SEN0169. Він складається з вимірювального зонду та вимірювальної плати. Датчик є аналоговим тому наявність АЦП у вибраному нами мікроконтролері є великим його плюсом. Вимірювальна плата підключається до аналогового входу МК.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

IA61.270БАК.005.ПЗ

Аркуш

51

Вимірювання температури розчину здійснюється за допомогою водонепроникного цифрового датчика температури DS18B20. На виході датчика формується цифровий сигнал який подається на цифровий вхід мікроконтролера.

Для вимірювання вологості та температури середовища вирощування рослин використовується цифровий датчик вологості та температури AM2302 фірми AOSONG. На виході датчика формується цифровий сигнал який передається на цифровий вхід мікроконтролер.

Відображення даних про стан ГС відбувається на пристрою вводу/виводу, що представлений сенсорним дисплеєм TS1036L (PCAP).

5.3 Розробка та опис принципової схеми

Принципова схема системи наведена на кресленику ІА61.270БАК.005 ЭЗ.

Управління системою здійснює мікроконтролер ATmega8-16PU. На схемі він позначений як DD1 [16-18]. Датчики та виконавчі пристрої підключаються до нього наступним чином:

Датчик рН підключається до мікроконтролера через вимірювальну плату. Вимірювальна плата датчика рН має виходи: (AO), (VCC) , (GND). Виходи (VCC) та (GND) приєднуються до ланцюга живлення. Для роботи системи необхідно приєднати вихід (VCC) вимірювальної плати до мережі живлення з напругою п'ять вольт, а (GND) заземлити. Вихід (AO) є інформаційним та приєднується до аналогового входу мікроконтролера (PC0).

Датчик провідності приєднується до мікроконтролера подібним чином, оскільки має подібну вимірювальну плату, з такими ж виходами та їх маркуванням. Виходи (VCC) та (GND) вимірювальної плати провідності

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

приєднуються за таким же принципом як виходи вимірювальної плати датчика рН, а вихід (АО) до аналогового входу мікроконтролера (PC1).

Водонепроникний датчик температури (DD2) має 3 виходи: (DATA), (VCC) та (GND). Виходи (VCC) та (GND) приєднуються відповідно до напруги 5 вольт та землі. (DATA) є цифровим інформаційним виходом датчика та приєднується до цифрового входу мікроконтролера (PD2). Згідно з офіційною документацією для роботи датчика між виходами (DATA) та (VCC) потрібно розмістити опір R4 номіналом 4,7 кОм.

Датчик вологості та температури має чотири виходи. А саме: (VCC), (DATA), (NC) та (GND). Виходи (VCC) та (GND) приєднуються до мережі живлення (відповідно до 5 вольт та землі). Вихід (DATA) є цифровим інформаційним виходом датчика та приєднується до цифрового входу мікроконтролера (PD3). Згідно офіційної документації для роботи датчика необхідно розмістити опір R5 номіналом 10 кОм, між виходами (DATA) та (VCC).

Передача даних до пристрою вводу/виводу, який в даній системі представлений сенсорним дисплеєм TS1036L (розділ 4.5), відбувається через вихід USB. Інтерфейс USB має 4 виходи: (TXD), (RXD), (GND) та (VCC). Для обміну інформацією з дисплеєм виходи (TXD) та (RXD) від USB порту, потрібно приєднати до виходів мікроконтролера (RXD) та (TXD) відповідно (TXD порту USB до RX входу МК, RXD порту USB до TXD входу МК). Виходи (VCC) та (GND) приєднуються до мережі живлення (до напруги та землі відповідно).

Виконавчими пристроями в системі являються електронасос та лампи освітлення. Вони отримують живлення від мережі 220В а комутуються з мікроконтролером за допомогою електромеханічного реле SRD-05VDC-SL-C. Реле на схемі позначені як REL1 та REL2. Реле не можуть бути підключені до мікроконтролера напряму, тому для керування ними буде використано спеціальну електричну схему, що складається з транзисторів VT1, VT2 діодів

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

VD1, VD2 резисторів R2, R3 Керування реле виконується за допомогою подачі керуючого сигналу з цифрових виходів мікроконтролера (PB1, PB2).

В нашій системі мікроконтролер живиться від напруги в 5В. Живлення підключається до виходів (VCC) та (GND). Вихід (AVCC) є окремим живленням для аналого-цифрового перетворювача та входів PC(0 .. 3). АЦП є дуже точним вимірювачем напруги тому його живлення варто підключити через фільтр, щоб завади в ланцюгу живлення не впливали на якість вимірювання. Роль фільтру в системі виконує котушка L1 та конденсатор C3.

До мікроконтролера приєднується також ланцюг скидання. При підключенні живлення на вхід (RESET) подається напруга високого логічного рівня через резистор R1 номіналом 10 кОм. Вхід (RESET) є інверсним: 0 відповідає на скидання мікроконтролера, 1 – номінальний режим. Мікроконтролер також має внутрішній ланцюг скидання. В ньому (RESET) зазвичай приєднується до (VCC) через резистор. Але на практиці при відсутності зовнішнього ланцюга скидання мікроконтролер може періодично вчиняти скидання по різним причинам.

Згідно документації Atmel необхідно встановити керамічний конденсатор C1 місткістю 100 нФ між (VCC) та (GND) як можна ближче до виходів живлення. Його призначенням буде згладити короткі імпульсні завади викликані роботою цифрових схем в лінії живлення. Конденсатор C2 місткістю 47 мкФ в мережі живлення застосовується для згладжування великих стрибків напруги живлення.

5.4 Розробка та опис алгоритму керування

Алгоритм управління системою гідропоніки крапельного типу (лист ІА61.270БАК.005 Д1) зображений на рисунку 8.1.

При запуску система першим ділом просить ввести оператора ГС дані необхідні для керування системою. До таких даних належать: час увімкнення

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

поливу, час зміни режиму освітлення, час на протязі якого має працювати насос при його увімкненні, допустимі межі вимірюваних параметрів системи.

Після отримання необхідних даних контролер починає збір даних з датчиків. Спочатку збираються дані про стан повітря в гідропонічний теплиці (рисунок 8.3). Першим ділом перевіряється чи справний датчик. В разі несправності контролер інформує оператора ГС виводячи відповідне повідомлення на дисплей. Якщо датчик справний контролер отримує данні про вологість та температури повітря та вирішує чи знаходяться вони в межах норми. Якщо дані знаходяться в межах норми вони виводяться на дисплей. В разі відхилення від норми контролер виводить на дисплей повідомлення про дану ситуацію, та переходить до збору даних від датчиків що вимірюють параметри ПР.

Алгоритм збору даних з датчиків що вимірюють параметри ПР наведено на рисунку 8.2. Контролер по чергово опитує датчики. Якщо на етапі опитування якийсь датчик дасть дані, що говорять про вихід параметрів ПР за допустимі межі, контролер припинить керування поливом, та повідомить оператора ГС про вихід параметра за допустимі норми. В такому разі ПР потрібно змінити на новий та встановити причину ситуації, що відбулася. Дану ситуацію можна назвати надзвичайною. Але це не означає, що потрібно припинити роботу всієї системи. Навіть при вимкненому керуванні поливом продовжує працювати керування освітленням. Якщо всі параметри в нормі, після отримання даних від всіх датчиків контролер виводить їх на дисплей та приступає до керування поливом та освітленням.

Контролер зрівнює дані введені оператором ГС про час поливу з поточним значенням часу та приймає рішення, починати полив чи ні. Якщо рішення позитивне то контролер вмикає насос та чекає поки завершиться термін на який потрібно його вмикати. При закінченню терміну поливу контролер переходить до керування освітленням.

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						55
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Як і у випадку з насосом контролер зрівнює дані введені оператором ГС про початок зміни режиму освітлення та саме режим на який потрібно встановити. На основі цих даних приймається рішення про ввімкнення або вимкнення освітлення. Якщо час регулювання ще не надійшов контролер повертається до опитування датчиків та процес замикається.

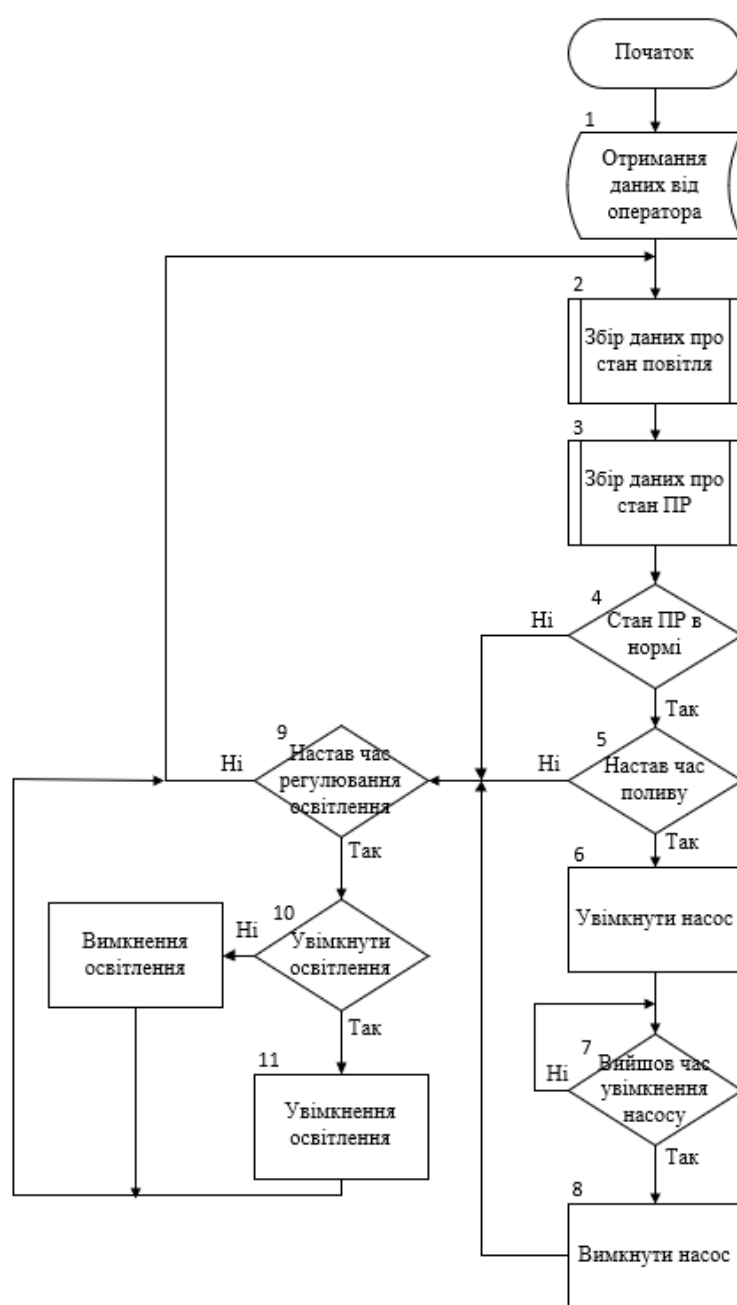


Рисунок 8.1 – Алгоритм роботи системи

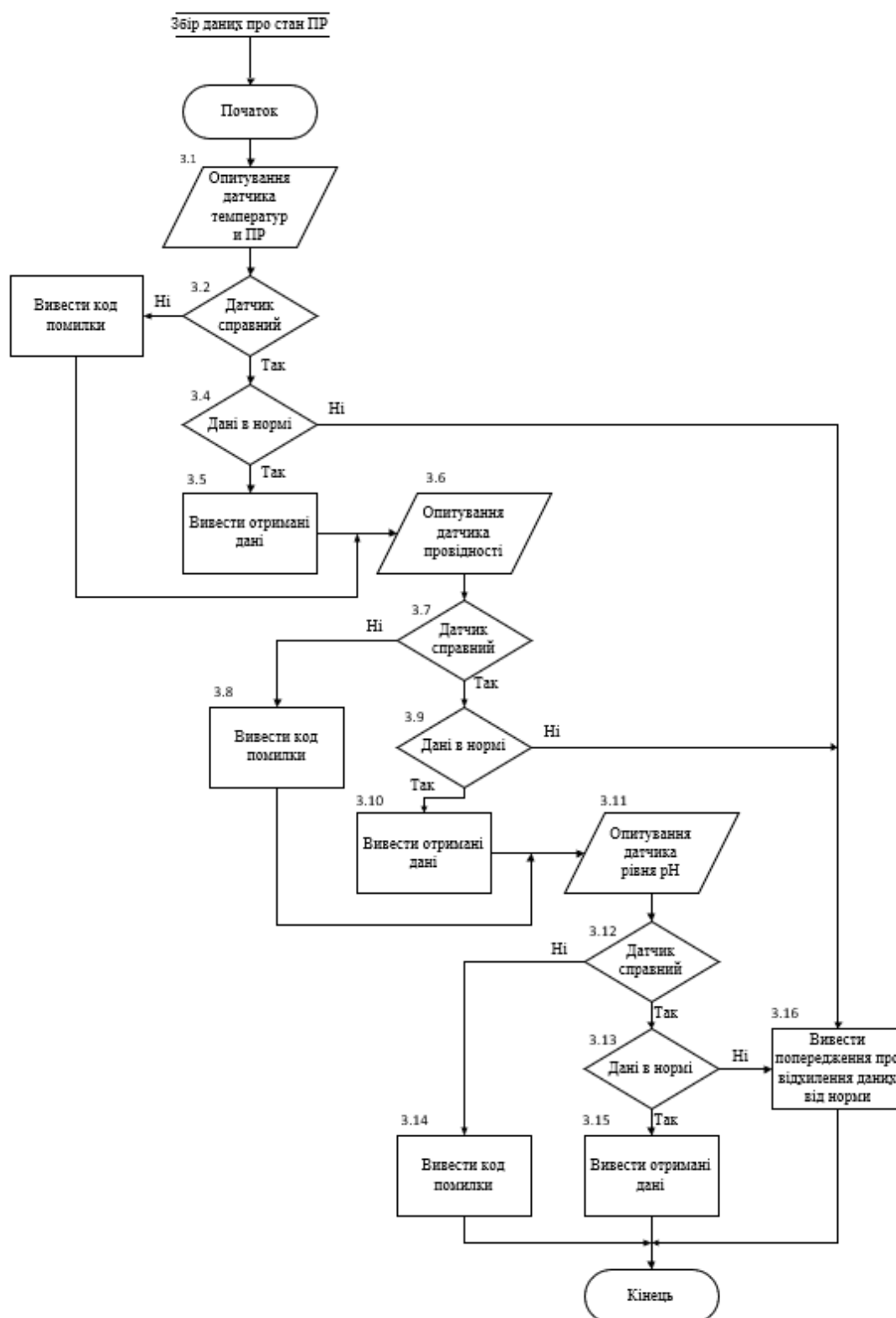


Рисунок 8.2 – Алгоритм збору даних про стан ПР

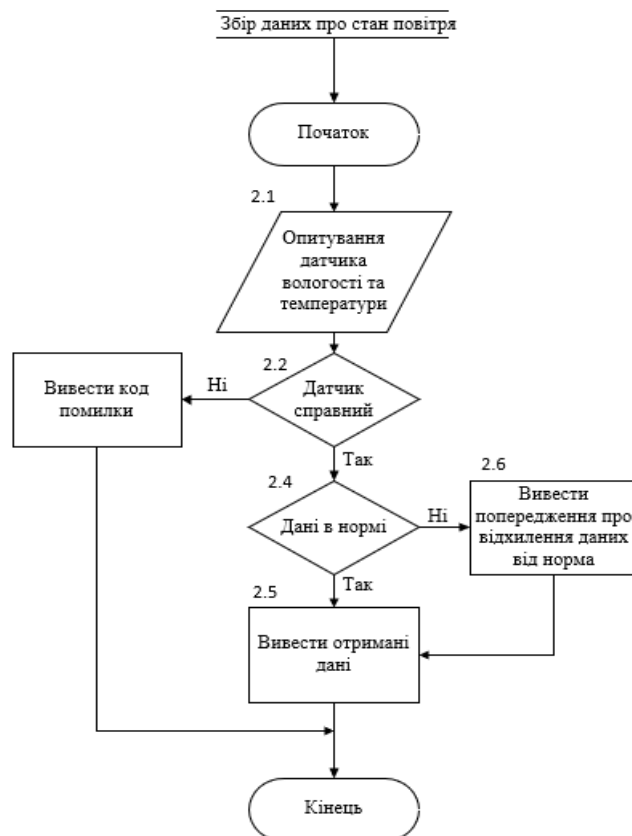


Рисунок 8.3 – Алгоритм збору даних про стан повітря

Висновки розділу

В даному розділі було створено схеми та необхідну технічну документацію по розробленій в ході дипломної роботи системи керування. Було створено детальний опис та наведено пояснення до наступних схем та технічних документів:

- схема структурна (лист ІА61.270БАК.005 Э1);
- схема функціональна (лист ІА61.270БАК.005 Э2);
- схема принципова (лист ІА61.270БАК.005 Э3);
- алгоритм роботи (лист ІА61.270БАК.005 Т1).

Всі схеми оформлені згідно державних стандартів та стандартів організації (кафедри) СОУ АУТС 01-15.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було розроблено систему автоматичного керування вирощуванням рослин методом гідропоніки.

В проєкті були описані технічні характеристики об'єкта управління, призначення та область застосування розробленої системи. Було розроблено структурну схему системи, функціональну схему системи, принципову схему системи та алгоритм роботи системи.

Розроблена система здійснює автоматичний полив та контроль освітлення в гідропонічних системах крапельного типу. Окрім цього система виконує збір даних про середовище вирощування, а саме: температуру поживного розчину, рівень рН в поживному розчині, електропровідність поживного розчину, температуру та вологість повітря. На пристрій вводу/виводу виводяться зібрані дані про стан системи, коди помилок та попередження про вихід параметрів системи за встановлені норми.

Перевагою розробленої системи є низька ціна її складових частин їх висока надійність та точність.

					ІА61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
						59
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руденко М., Чудова гідропоніка. Всі секрети урожаю в гідрогелі, торфі, сiні: Видавництво «Vivat», 2017р. – 224 ст.
2. Oyoki Kozai., Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production 2nd Edition: Видавництво «Academic Press», 2019. – 516 с.
3. Інтернет-портал «Hudroponics», 2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hydroponics.in.ua/art-hto-takoe-gidroponika>
4. Інтернет-портал «АгроДом», 2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://agrodom.com/advice/typy-gidroponnykh-sistem/>.
5. Молдабаева М. Н., Автоматизация технологических процессов и производств: Видавництво «Инфра-инженерия», 2019. – 225 с.
6. Описання водонепроникного датчика температури DS18B20 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod414-temperaturnii-datchik-vodonepronikaemii-ds18b20>.
7. Описання датчика температури та вологості AM2302 фірми AOSONG [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://www.avrobot.ru/product_info.php?products_id=98.
8. Описання датчика рівня рН SEN0169 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/ua/details/df-sen0169/klimatichni-datchiki/dfrobot/sen0169/>.
9. Описання датчика провідності DF-SEN0223 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.tme.eu/ru/katalog/prochie-datchiki_113694/?art=DF-SEN0223&page=3.
10. Описання сенсорного дисплею TS1036L(PCAP) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://touch.ua/katalog/sensornye->

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

monitory/10-vstraivaemyy-sensornyy-monitor-ts1036lpcap.

- 11.Описання реле K293КП13П [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/k293kp13p>.
- 12.Євстіфеев О. В. Мікроконтролери AVR сімейства mega фірми "ATMEL". - М.: Видавництво «Додека – XXI», 2007.
- 13.Водовозов А. М., Микроконтроллеры для систем автоматики. Учебное пособие: Видавництво «Инфра-инженерия», 2016. – 165 с.
- 14.Опис мікроконтролера AVR ATmega8-16PU [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/atmega8-16pu>.
- 15.Юрчук Л.Ю., Жеребко В.А. Функціональні схеми автоматизації. Розробка та оформлення – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
- 16.Новацький А. А. Електронний конспект з курсу «Комп'ютерна електроніка».
17. Оформлення текстових документів у навчальному процесі. Стандарт організації (кафедри) СОУ АУТС 01-15. Для студентів кафедри автоматики та управління в технічних системах [Текст] / Уклад.: Я.Ю. Дорогий, Н.Б. Репнікова, О.І. Ролік, Л.Ю. Юрчук – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 27 с.
18. ДСТУ 1.5 : 2003 «Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів». «Державна система стандартизації України. Загальні вимоги до побудови, викладу, оформлення та змісту стандартів» [Текст]. – На заміну ДСТУ 1.5-93 ; Чинний від 2003-07-01. – Київ : Видавництво стандартів, 2003. – 44 с.

					IA61.270БАК.005.ПЗ	Аркуш 61
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		